

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES DE CARACTERIZAÇÃO  
DO USO DO SOLO EM AICV**

**Ana Letícia de Oliveira Franco Rossetto**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO/2008**

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**Identificação de Indicadores de Caracterização do Uso do Solo em  
AICV**

**Ana Letícia de Oliveira Franco Rossetto**

**Trabalho apresentado à Universidade Federal  
de Santa Catarina para Conclusão do Curso  
de Graduação em Engenharia Sanitária e  
Ambiental**

**Orientadora  
MSc. Danielle Maia de Souza**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO /2008**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL


IDENTIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE CARACTERIZAÇÃO DE  
USO DE SOLO EM AICV


ANA LETÍCIA DE OLIVEIRA FRANCO ROSSETTO

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para  
Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental–  
TCC II

BANCA EXAMINADORA :

  
MSc. Danielle Maia de Souza  
(Orientador)

  
Prof. Dr. Fernando Soares Pinto  
Sant'Anna  
(Membro da Banca)

  
Engº. Agrônomo, MSc. Vamilson  
Prudêncio da Silva Jr.  
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO /2008

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado discernimento para a elaboração deste trabalho.

Agradeço a toda minha família: aos meus pais Antonio e Dagmar que são a base e inspiração da minha vida, aos meus irmãos Marcio e Tiago e ao meu noivo Ashkhan; pelo amor, carinho, dedicação, confiança e incentivo nesta caminhada da minha vida.

A minha querida orientadora MSc. Danielle Maia de Souza por ter me orientado na realização deste trabalho.

A todos que de certa forma contribuíram e me auxiliaram.

## RESUMO

Os efeitos dos impactos ambientais gerados pela expansão indiscriminada das atividades humanas são comprovados em todo o planeta. Nos últimos anos as ameaças globais em relação ao meio ambiente têm crescido significativamente. Para interromper ou minimizar este processo de degradação ambiental são desenvolvidas novas metodologias que estudam a influência desta expansão no meio ambiente. Este trabalho consiste em identificar os indicadores de caracterização do uso do solo em AICV – Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida, por meio da qualidade do solo e da biodiversidade. O foco principal dele é identificar as formas de caracterização de impactos por uso do solo e apontar seus indicadores de biodiversidade através da riqueza de espécie e perda de biodiversidade. A metodologia para elaboração deste trabalho foi desenvolvida através de uma revisão bibliográfica sobre conceitos e metodologias aplicadas em ACV e AICV, modelos de caracterização do uso do solo, tanto por qualidade do solo, quanto por biodiversidade. Devido ao avanço e quantidade de pesquisas relacionada com o tema, foi realizada uma abordagem sobre a forma de caracterização por biodiversidade apontando seus indicadores. Para a conclusão deste trabalho, caracterizou-se os indicadores de uso do solo por biodiversidade por riqueza de espécie e perda de biodiversidade, apontando suas formas de caracterização, vantagens e desvantagens, modelagem em desenvolvimento.

**Palavras-chaves:** Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida - AICV; Uso do Solo; Indicadores; Biodiversidade.

## ABSTRACT

The effects of the environmental impacts produced by the indiscriminate expansion of human activities have been proven throughout the whole planet. Within the last ten years the global threats regarding the environment have been growing significantly. To interrupt or to minimize this process of environmental degradation new methodologies have been developed that study the influence of this expansion within the environment. This work consists of identifying the indicators for the characterization of soil use in AICV – Life Cycle Impact Assessment, through the quality of the ground and of the biodiversity. The principal focus is to identify the forms of characterization of impacts for the use of the soil and to point to the indicators of biodiversity through the species richness and loss of biodiversity.

**Key-words:** Life Cycle Impact Assessment (LCIA); Landuse; Indicators; Biodiversity.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>vi</b>
<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>vii</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>2</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	2
1.1.2 Objetivos Específicos .....	2
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Metodologia e Estrutura do Trabalho.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
<b>2. A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Introdução.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Fases da ACV.....</b>	<b>6</b>
2.2.1 Definição do objetivo e do escopo.....	6
2.2.2 Análise de inventário do ciclo de vida.....	7
2.2.3 A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida .....	7
2.2.4 Interpretação do ciclo de vida.....	8
<b>2.3 Conclusão .....</b>	<b>8</b>
<b>3. AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Introdução.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Elementos obrigatórios .....</b>	<b>10</b>
3.2.1 Seleção de Categorias de Impacto .....	10
3.2.2 Classificação.....	11
3.2.3 Caracterização .....	11
<b>3.3 Elementos opcionais .....</b>	<b>12</b>
3.3.1 Normalização.....	13
3.3.2 Agrupamento .....	13
3.3.3 Ponderação .....	13
<b>3.4 Limitações da AICV.....</b>	<b>13</b>
<b>3.5 Conclusão .....</b>	<b>14</b>
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DO USO DO SOLO.....</b>	<b>15</b>

4.1	Introdução.....	15
4.2	Atividades do uso do solo dentro dos sistemas de produção.....	15
4.3	Impactos do uso do solo .....	16
4.3.1	Impactos de transformação do solo.....	17
4.3.2	Impactos de ocupação do solo .....	17
4.4	Atuais metodologias de caracterização de impactos por uso do solo .....	19
4.5	Formas caracterização do uso do solo .....	20
4.5.1	Caracterização por Qualidade do Solo.....	21
4.5.2	Caracterização por Biodiversidade .....	23
4.6	Conclusão .....	23
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....</b>		<b>24</b>
5.	A CARACTERIZACAO POR BIODIVERSIDADE .....	24
5.1	Introdução.....	24
5.2	A caracterização do uso do solo por meio da biodiversidade .....	24
5.3	Conclusão .....	26
6.	INDICADORES DE BIODIVERSIDADE EM USO DO SOLO.....	26
6.1	Introdução.....	26
6.2	Classificação dos indicadores de biodiversidade .....	26
6.3	Indicadores de impactos segundo biodiversidade.....	27
6.4	A riqueza de espécies como indicador .....	28
6.4.1	Medição da riqueza de espécies .....	29
6.4.2	Métodos de avaliação da riqueza de espécies .....	31
6.5	A perda de biodiversidade como indicador.....	32
6.6	Limites do sistema temporal da avaliação de impactos do uso do solo.....	34
6.7	Conclusão .....	34
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSÃO.....</b>		<b>36</b>
7.	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	36
8.	RECOMENDAÇÕES .....	38
<b>CAPÍTULO V. REFERÊNCIAS .....</b>		<b>39</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema das etapas metodológicas para a realização do trabalho.....	3
Figura 2. Esquema do fluxo de entradas e saídas em um sistema de produto. ....	5
Figura 3. Fases da ACV e suas inter-relações.....	6
Figura 4. Elementos da AICV. ....	9
Figura 5. Estado da flora, da fauna, do solo ou da superfície do solo. ....	18
Figura 6. Impactos ocasionados pela utilização do solo. ....	19
Figura 7. Percentagem da distribuição de espécies, por abundância, no mundo.	25



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Parâmetros para a avaliação de biodiversidade. ....	28
Tabela 2. Critérios para medição de biodiversidade, relacionado à riqueza de espécies.....	30
Tabela 3. Categorias de uso do solo. ....	32

## GLOSSÁRIO

**Alocação:** Repartição dos fluxos de entrada ou de saída de uma unidade de processo no sistema de produto sob estudo.

**Análise:** Exame detalhado de um sistema ambiental, por meio do estudo da qualidade de seus fatores, componentes ou elementos, com a finalidade de compreender sua natureza e determinar suas características.

**Aspecto Ambiental:** Elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que pode interagir com o meio ambiente.

**Avaliação do Ciclo de Vida (ACV):** Uma técnica empregada na análise dos aspectos ambientais e avaliação dos impactos potenciais associados ao ciclo de vida de um produto, processo ou serviço. Como instrumento de tomada de decisões, esta ferramenta compreende fundamentos para o desenvolvimento e a melhoria de produtos, o marketing ambiental e a comparação de diferentes opções de produtos e/ou materiais.

**Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV):** Fase da avaliação do ciclo de vida dirigida à compreensão e à avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto.

**Biodiversidade:** É a riqueza e a variedade do mundo natural, representa todas as formas de vida, está presente em todos os lugares.

**Ciclo de Vida:** Estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final.

**Classificação:** Correlação dos resultados do ICV com as categorias de impacto. (ISO, 2006b).

**Classificação do inventário do ciclo de vida:** Fase da avaliação do ciclo de vida envolvendo a compilação e a quantificação de entradas e saídas, para um determinado sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

**Caracterização:** Cálculo dos resultados dos indicadores, ou seja, conversão dos resultados do ICV para unidades comuns e a agregação dos resultados convertidos dentro da categoria de impacto. (ISO, 2006b).

**Caracterização de impactos:** Esta fase consiste em pegar os dados obtidos dentro do inventário de cada categoria e converter em um indicador numérico da categoria.

**Categoria de impacto:** Classe que representa as questões ambientais relevantes às quais os resultados do ICV podem ser associados. (ISO, 2006b).

**Entrada:** Material ou energia que entra em uma unidade de processo.

**Exergia:** A exergia mede a diversidade genética de uma espécie e auxilia na medição da biodiversidade de uma comunidade. Portanto, ela está relacionada aos indicadores de biodiversidade (WIEGLEB, 2003).

**Fluxo de entrada:** material ou energia que entra no sistema sob estudo, que foi retirado do meio ambiente sem transformação humana prévia.

**Fluxo de saída:** Material ou energia que sai do sistema sob estudo, que é descartado no meio ambiente sem transformação humana subsequente.

**Fluxo elementar:** material ou energia que entra no sistema sob estudo, que foi retirado do meio ambiente sem transformação humana prévia.

**Fronteiras do sistema:** Tem como finalidade determinar quais unidades de processo devem ser incluídas na ACV.

**Gestão Ambiental:** Parte do sistema de gestão global que inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar e manter a política ambiental.

**Indicador de categoria de impacto ou dano:** É a representação quantificável de uma categoria de impacto ou dano. (ISO, 2006b).

**Impacto Ambiental:** Qualquer alteração das propriedades físico-químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, enfim, a qualidade dos recursos ambientais.

**Interpretação do Ciclo de Vida:** Fase da avaliação do ciclo de vida na qual as constatações da análise de inventário ou da avaliação de impacto, ou de ambas, são combinadas consistentemente com o objetivo e o escopo definidos para obter conclusões e recomendações.

**Inventário do Ciclo de Vida:** Fase da avaliação do ciclo de vida envolvendo a compilação e a quantificação de entradas e saídas, para um determinado sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

**Normalização:** Cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores em relação à informação de referência. (ISO, 2006b)

**Ponderação:** a ponderação é o processo de converter resultados do indicador de categorias de impacto diferentes usando fatores numéricos baseados em escolhas de valor (ISO, 2006a).

**Saída:** Material ou energia que deixa uma unidade de processo.

**Sistema de produto:** Conjunto de unidades de processo, conectadas material e energeticamente, que realiza uma ou mais funções definidas.

**Unidade Funcional:** Desempenho quantificado de um sistema de produto para uso como uma unidade de referência num estudo de avaliação do ciclo de vida.

**Unidade de processo:** Menor porção de um sistema de produto para a qual são coletados dados quando é realizada uma avaliação do ciclo de vida.

**Uso do Solo:** são impactos ambientais causados pela ocupação, manejo do solo, modificações físicas associadas às atividades agrícolas, instalações de represas, práticas biológicas de extração de recursos minerais e mudança urbanística entre outras.

---

## **CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO**

### **1. INTRODUÇÃO**

A luta pela conquista do desenvolvimento sustentável é um dos maiores desafios à humanidade. Frente a este quadro, muitos consumidores vêm reagindo de forma concreta, dando sua preferência a empresas que apresentam preocupação em proteger o meio ambiente.

Com o aumento da importância dada às questões ambientais, surgiu a necessidade de desenvolvimento de abordagens e ferramentas de gestão ambiental. A função almejada era possibilitar às empresas avaliar as consequências ambientais das decisões que tomavam em relação aos seus processos ou produtos. De uma maneira mais geral, isto também se aplica às diversas partes interessadas da sociedade, como governo, institutos de pesquisas e outros.

Para satisfazer estas necessidades, foram desenvolvidas ferramentas, tais como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), utilizada para avaliar os impactos ambientais potenciais causados por bens, processos e serviços. Dentre as suas etapas, destaca-se a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) que consiste em um processo de avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais.

Dentre os impactos ambientais regionais avaliados, e de grande importância, principalmente no Brasil, o uso do solo merece destaque. O uso do solo constitui uma atividade econômica que gera benefícios para a sociedade. Contudo, algumas formas de utilização do solo têm causado também muitos problemas ambientais como, por exemplo, a extinção de espécies, a eutrofização de lagos e rios, a diminuição da fertilidade dos solos e a modificação da paisagem. Todos estes impactos estão relacionados à qualidade dos ecossistemas regionais. Este trabalho concentra-se no estudo da categoria de uso do solo, por meio de fatores como biodiversidade e qualidade do solo.

Desta forma, este trabalho busca identificar as formas de caracterização da categoria de uso do solo, em AICV, e identificar os parâmetros envolvidos.

---

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Identificar os indicadores de caracterização de impactos do uso do solo em AICV, relativos à biodiversidade.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Identificar as formas de caracterização de impactos por uso do solo;
- Apontar os indicadores de caracterização de uso do solo, por biodiversidade.

## **1.2 Justificativa**

Na busca do desenvolvimento mais sustentável, uma maior conscientização e preocupação da sociedade perante as causas ambientais e econômicas, foram desenvolvidas algumas ferramentas de auxílio a estes objetivos, tais como a gestão ambiental. Dentro da gestão ambiental, existem ferramentas que auxiliam neste processo como é o caso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

Para a composição da ACV, algumas etapas são necessárias, entre eles a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV), que nos permite avaliar impactos ambientais regionais/locais e globais.

O Brasil é um país de grande importância no cenário econômico mundial, pois além do setor industrial e de serviços em crescente desenvolvimento, possui o setor agropecuário tradicional perante as outras economias. Este setor se destaca pela produção e exportação de álcool, açúcar, soja, café entre outros.

Desta forma, o solo exerce um papel importante para o desenvolvimento do país, principalmente por oferecer benefícios à sociedade. Entretanto, a forma como ele vem sendo utilizado ao longo do tempo gera também graves problemas ambientais, tais como a extinção de espécies, a nutrificação de lagos e rios, a diminuição da fertilidade dos solos e a modificação da paisagem.

Este trabalho foi realizado de forma a auxiliar em uma maior compreensão de pesquisadores e população sobre os impactos ambientais causados pelo uso do solo. Foram identificados e caracterizados os indicadores de biodiversidade, para auxiliar na avaliação de impactos decorrentes do uso do solo na metodologia da AICV. Conforme

---

pode-se perceber na revisão bibliográfica, no Brasil ainda não existe um consenso sobre esta caracterização e também material para pesquisa.

### 1.3 Metodologia e Estrutura do Trabalho

O desenvolvimento deste trabalho é subdividido em cinco etapas principais: (i) Revisão bibliográfica de ACV e AICV; (ii) Revisão bibliográfica de modelos de uso do solo em AICV; (iii) Definição de uma das abordagens de caracterização do uso do solo (biodiversidade); (iv) Identificação de indicadores por biodiversidade; (v) Discussão e conclusões. A Figura 1 apresenta um esquema detalhado das etapas metodológicas para a realização deste trabalho.

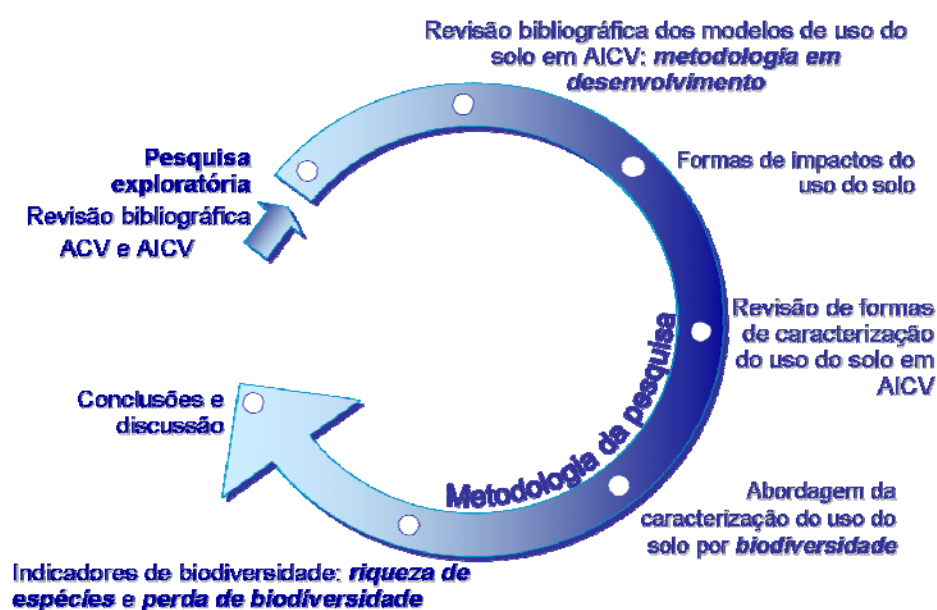


Figura 1. Esquema das etapas metodológicas para a realização do trabalho.

Na etapa de revisão dos conceitos de ACV e AICV, foram utilizados livros, teses, e artigos publicados em periódicos entre outros. O objetivo foi avaliar o que está sendo estudado com relação à avaliação de impacto no ciclo de vida de produtos e/ou atividades para melhor compreender a inserção da categoria de uso do solo em AICV.

Após esta primeira fase de levantamento bibliográfico, outra revisão foi realizada com o objetivo de obter os modelos que vêm sendo desenvolvidos para o uso do solo em AICV. Esta revisão foi feita através de artigos publicados por pesquisadores principalmente europeus e americanos, pois suas pesquisas se encontram em um estágio um pouco mais avançado.

Em uma terceira etapa, embasado nas revisões bibliográficas feitas anteriormente, foi estabelecida qual forma de caracterização do uso do solo, em AICV, seria abordada. Devido à quantidade de dados existente, dados de pesquisas realizadas atualmente e por partes já terem sido catalogadas por áreas com o mesmo interesse, e à sua importância primordial, pois ela é base de ciclos que são essências para o desenvolvimento e manutenção da vida, ciclo tais como do carbono, água e nutrientes, concluiu-se que se daria mais atenção à caracterização de uso do solo, segundo indicadores de biodiversidade.

Por fim, foram identificados e descritos os indicadores fundamentais para a caracterização do uso do solo por biodiversidade, recomendações de seu uso e conclusões. Enfim, conclusões e discussões sobre o tema foram realizadas.

A metodologia está explicada minuciosamente no capítulo V deste trabalho.

---



## CAPÍTULO II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2. A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

#### 2.1 Introdução

A Avaliação do Ciclo de Vida é uma técnica utilizada para estudar e avaliar o impacto ambiental causado por bens e serviços, por meio da quantificação de fluxos de energia e de matérias-primas no ciclo de vida de um produto. Segundo Chehebe (1997), é uma técnica para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto, compreendendo etapas que vão desde a retirada das matérias-primas elementares da natureza que entram no sistema produtivo (berço) à disposição final (túmulo).

Esta ferramenta está sendo cada vez mais integrada aos processos de tomadas de decisões em empresas. Ela constitui um instrumento de grande importância na seleção de indicadores ambientais e planejamento estratégico para obtenção de maiores retornos econômicos e ambientais (CHEHEBE, 1997). Além disso, constitui uma ferramenta de *marketing* ambiental.

A Figura 2 inclui um esquema do ciclo de vida de produtos, processos ou atividades, ou seja, da extração e processamento de matérias-primas, passando pela fabricação, transporte, distribuição e uso (incluindo o reemprego e a manutenção), até a reciclagem, a reutilização ou a disposição final.



Figura 2. Esquema do fluxo de entradas e saídas em um sistema de produto.  
Fonte: GPACV, 2008

## 2.2 Fases da ACV

A ISO 14040 (ISO, 2006a) estabelece que a ACV seja constituída por 4 fases (i) Definição do Objetivo e do Escopo; (ii) Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV); (iii) Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida; e (iv) Interpretação dos resultados. A Figura 3 apresenta as fases da ACV e suas inter-relações.

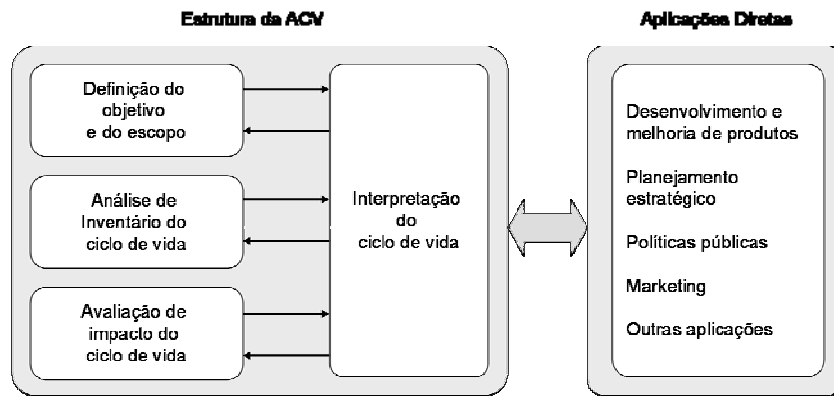


Figura 3. Fases da ACV e suas inter-relações.

Fonte: Adaptado de ISO 2006a

A seguir, são descritas, brevemente, cada uma dessas etapas.

### 2.2.1 Definição do objetivo e do escopo

A Norma ISO 14040 (ISO, 2006a) afirma que, na fase de definição dos objetivos, estes sejam definidos de forma clara e inequívoca. Nessa fase, devem ainda ser considerados e claramente descritos os seguintes itens:

- As funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas;
- A unidade funcional;
- O sistema de produto;
- As fronteiras do sistema;
- Os procedimentos de alocação;
- Os tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto e interpretação subsequente a ser usada;
- Os requisitos dos dados;
- As suposições;

- As limitações;
- Os requisitos da qualidade dos dados iniciais;
- O tipo de análise crítica, se aplicável; e
- O tipo e formato do relatório requerido para o estudo.

Convém que o escopo seja suficientemente bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o grau de detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender o objetivo estabelecido.

### **2.2.2 Análise de inventário do ciclo de vida**

A Norma ISO 14040 (ISO, 2006a) define que a análise do inventário envolve a coleta de dados e os procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto.

Chehebe (1997) propõe um esquema geral para o inventário:

- Apresentação do sistema de produto a ser estudado e dos limites considerados em termos dos estágios de ciclo de vida, unidades do processo e entradas e saídas do sistema;
- Base de dados para a comparação entre sistemas (em estudos comparativos);
- Procedimentos de cálculo e da coleta de dados, incluindo-se as regras para alocação de produtos e o tratamento dispensado à energia;
- Elementos necessários a uma correta interpretação, por parte do eleitor, dos resultados da análise do inventário.

### **2.2.3 A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida**

A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida representa um processo qualitativo/quantitativo de análise e avaliação dos impactos, baseado nos resultados da obtidos na análise do inventário. O nível de detalhe, a escolha dos impactos a serem avaliados e a metodologia utilizada depende do objetivo e do escopo do estudo (CHEHEBE,1997).

---

#### **2.2.4 Interpretação do ciclo de vida**

A etapa de interpretação consiste na identificação e análise dos resultados obtidos nas fases de inventário e/ou avaliação de impacto, de acordo com o objetivo e o escopo previamente definidos para o estudo. Os resultados dessa fase podem tomar a forma de conclusões e recomendações aos tomadores de decisão (CHEHEBE, 1997).

Segundo a ISO 14040 (ISO, 2006a), a interpretação do ciclo de vida é a fase da ACV na quais as constatações da análise do inventário e avaliação de impacto são combinados, de forma consistente, com o objetivo e o escopo definidos. O objetivo é a obtenção de conclusões e recomendações claras e transparentes.

A fase de interpretação pode envolver o processo iterativo de análise crítica e revisão do escopo da ACV, assim como da natureza e da qualidade dos dados coletados de forma consistente com o objetivo definido. Nesta fase é realizada a análise de dados, a qual consiste na verificação da confiabilidade e precisão dos resultados obtidos, expressos por meio do(s) indicadores. Essa técnica pode ser usada para identificar, dentre outros, o grau de incerteza dos resultados e os processos, em um determinado ciclo de vida, que mais causem danos ao meio ambiente.

### **2.3 Conclusão**

Neste capítulo foram apresentados os conceitos relativos à ACV e sua importância. Neste trabalho, entretanto, maior ênfase será dada à etapa de AICV. Seus elementos, obrigatórios e opcionais, são apresentados no capítulo seguinte.

---

### 3. AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA

#### 3.1 Introdução

A Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida, com mencionado anteriormente, visa representar um processo qualitativo/quantitativo de entendimento e avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais. Esta etapa se fundamenta nos resultados obtidos na análise do inventário, ou seja, do processo em análise do sistema em estudo, além das variabilidades ambientais regionais, de uma localidade para outra. A AICV é diferente de outras técnicas tais como a Avaliação de Impacto Ambiental, Avaliação de Riscos, pois a AICV faz uma aproximação relativa baseada a uma unidade funcional, utilizando informações reunidas por estas técnicas.

A AICV, segundo a norma ISO 14044 (ISO, 2006b) é dividida em elementos obrigatórios e opcionais (Figura 4).

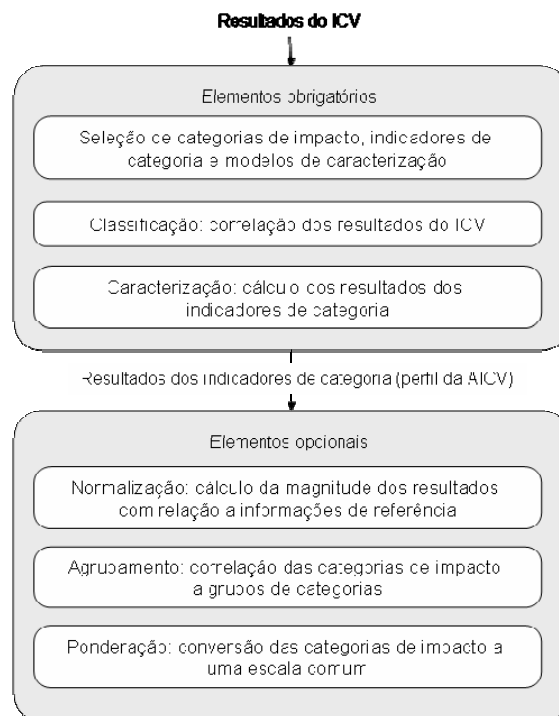


Figura 4. Elementos da AICV.

Fonte: ISO, 2006a

---

Para a definição desses elementos, cuidados importantes precisam ser tomados para que se possa atingir os objetivos propostos no estudo, tais como (i) assegurar a qualidade dos dados obtidos durante a etapa de inventário; (ii) a definição de limites adequados, condizentes com a disponibilidade de dados.

### 3.2 Elementos obrigatórios

Os elementos obrigatórios definidos segundo a ISO 14040 (ISO, 2006a) compreendem (i) a seleção de categorias de impacto; (ii) a classificação; e a (iii) caracterização.

#### 3.2.1 Seleção de Categorias de Impacto

As categorias de impacto são consideradas os grandes focos de preocupação ambiental. Elas devem ser estabelecidas com base no conhecimento científico dos processos e mecanismos ambientais. Normalmente, essas categorias estão associadas a impactos locais, regionais e globais. Nesta fase são também definidos os indicadores de categoria e os modelos e fatores de caracterização.

Para novas categorias recomenda-se seguir os seguintes itens:

1) a **definição e seleção das categorias**. Pode ser estabelecida de duas maneiras. Primeiramente, por meio da disponibilidade de dados de inventário e através da definição do meio a ser enfatizado no estudo, ou seja, das áreas de interesse que se deseja abordar no estudo (saúde humana, ambiente natural, recursos).

2) **definir o indicador de cada categoria**. As categorias do impacto são definidas baseadas em mecanismos ambientais, ou seja, pelo conhecimento da modelagem do mecanismo. Isto inclui a conversão de resultados do inventário com os fatores necessários da caracterização e sua agregação no novo indicador - caso este esteja no nível de danos. Um mecanismo ambiental é a base para a rede de causa-efeito e determina o nível do suporte científico para a realização da caracterização.

3) **identificação dos dados do inventário de entradas e de saídas**. Fazer a identificação de todos os dados de entrada e saída cuidadosamente afim que não ocorra erros.

---

---

### 3.2.2 Classificação

A classificação é próxima etapa da estrutura da AICV, isto é, a atribuição dos resultados do inventário do ciclo de vida às diferentes categorias de impacto. Ou seja, os dados do inventário são classificados e agrupados nas diversas categorias selecionadas (relacionadas a efeitos ou impactos ambientais conhecidos – aquecimento global, acidificação, saúde humana, exaustão dos recursos naturais, etc.). A atribuição adequada é crucial nesses casos para a relevância e validade da avaliação de impacto

É aconselhável que esta etapa contenha (i) a especificação dos resultados do inventário exclusivos a uma categoria de impacto, e (ii) a identificação dos resultados do inventário que se relacionam a mais de uma categoria de impacto, inclusive.

Para a elaboração desta fase deve ser considerada a existência de mecanismos paralelos, onde a mesma emissão pode contribuir para duas ou mais categorias ao mesmo tempo. É importante que não seja feita a contagem dupla dos indicadores. O SO<sub>2</sub>, por exemplo, contribui para a toxicidade humana e a acidificação.

### 3.2.3 Caracterização

A caracterização consiste na modelagem dos dados de inventário dentro das categorias de impacto, ou seja, na conversão dos dados em um indicador numérico da categoria. Os dados do inventário atribuídos a uma determinada categoria são modelados de forma que os resultados possam ser expressos na forma de um indicador numérico para aquela categoria.

#### Modelos de Caracterização

Ao se caracterizar o impacto gerado por uma determinada substância em um meio, deve-se levar em conta suas características químicas, físicas e biológicas. Os dados de emissão devem incluir aspectos como quantidade, tempo e frequência, tipo e localização da fonte emissora e o compartimento ambiental na qual a substância química é inicialmente lançada. O meio receptor também deve ser considerado na análise. Sua caracterização relaciona-se aos dados de sensibilidade do sistema abiótico e dos elementos bióticos nele presentes. Curvas de concentração-efeito e concentração crítica auxiliam na modelagem. Para tanto, são criados modelos matemáticos que possibilitam a simplificação da realidade e a previsão de impactos potenciais em ecossistemas.

---

Dentro da ACV, a norma ISO 14044 (ISO, 2006b) exige que os modelos utilizados sejam internacionalmente aceitos e cientificamente e tecnicamente válidos, ou seja, que o mecanismo ambiental seja cientificamente embasado. Este requisito reduz a utilização de escolhas de valores e suposições, as quais podem atribuir maiores incertezas à modelagem (HAUSCHILD; POTTING, 2005).

Em geral, a caracterização pode considerar os impactos ocasionados por emissões de substâncias químicas ao meio ambiente ou aqueles que não são diretamente ocasionados por essas emissões. As categorias incluídas neste segundo grupo têm recebido menor atenção, como, por exemplo, a de uso do solo. Segundo Hoagland (2001), elas estão mais relacionadas ao contexto regional. Há uma grande necessidade de desenvolvimento de estudos neste sentido, principalmente em países como o Brasil, onde alguns dos grandes impactos gerados se relacionam à extração de recursos.

Os modelos de caracterização ocasionados por emissões utilizados em ACV se fundamentam em estudos científicos relacionados à descrição de propriedades físico-químicas de poluentes e seu comportamento no meio ambiente (BAUMANN; TILLMAN, 2004).

### **Fatores de Caracterização**

Segundo Souza (2008), um fator de caracterização expressa os impactos ambientais potenciais de emissões em relação a uma substância de referência para cada uma das categorias de impacto ou de danos, devendo refletir diferentes pontos de avaliação de impactos, ao longo do mecanismo ambiental.

Segundo estudiosos da área, para algumas categorias globais tais como, acidificação, redução do ozônio estratosférico, eutrofização, existe um consenso em relação aos modelos e fatores a serem utilizados. Em contrapartida, para categorias tais como uso do solo, que é o objetivo deste trabalho, utilização de recursos naturais e ruído não existe ainda um consenso sobre a caracterização dos indicadores. Ainda não existem dados suficientes para estes indicadores, por serem de âmbito regional, para que eles sejam enquadrados na metodologia do AICV.

### **3.3 Elementos opcionais**

Os elementos opcionais são: (i) normalização; (ii) agrupamento; e (iii) ponderação.

---



---

### **3.3.1 Normalização**

Segundo a ISO 14044 (ISO, 2006b), a normalização é o cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores de categoria em relação a substâncias de referência, ou seja, a normalização é dada a partir da divisão do resultado do indicador por algum valor de referência.

Este elemento opcional na AICV possui importância adicional, pois nos permite fazer a verificação das inconsistências dos dados do inventário, oferecer as informações sobre os significados relativos dos indicadores e fazer uma preparação para futuros procedimentos adicionais necessários.

### **3.3.2 Agrupamento**

O agrupamento é a conversão dos resultados dos indicadores de cada uma das categorias a uma escala comum, por meio de fatores numéricos baseados em escolhas de valor (ISO, 2006b). Segundo a Norma ISO 14044 (ISO, 2006b), a agregação auxilia na interpretação dos resultados, por meio da separação ou ordenação das categorias de impacto. Por separação – procedimento descritivo - compreende-se a agregação das categorias de impacto por meio de características nominais, tais como escala espacial (global, regional e/ou local).

### **3.3.3 Ponderação**

Segundo a ISO 14044 (ISO, 2006b), a ponderação é o processo de conversão dos resultados do indicador de categorias de impacto por meio de fatores numéricos baseados em escolhas de valor. Ele pode incluir a agregação dos resultados de indicador ponderados.

## **3.4 Limitações da AICV**

Segundo a ISO 14040 (ISO, 2006a), a AICV só trata de problemas ambientais que são especificados no objetivo e escopo do estudo. Por isso, a AICV geralmente não aborda uma avaliação completa de todos os problemas ambientais do sistema.

Nem sempre a AICV pode demonstrar diferenças significantes entre as categorias de impactos e os resultados de indicadores relacionados.

Estas limitações podem ser dadas por:

---

- Limitação nos modelos de caracterização, análise de sensibilidade e nas análises das incertezas para as fases da AICV;
- Limitações das fases do inventário, tais como, delimitação das fronteiras do sistema, não abrangendo toda a unidade possível e também não incluem todas as entradas e saídas dos processos se houver alguma interrupção;
- Limitações nas fases do inventário, pela duvidosa qualidade de dados, como por exemplo, as incertezas de dados ou pelos diferentes procedimentos da alocação e agregação;
- Limitação na coleta de dados no inventário correto e representativo de cada categoria de impacto.

A falta das dimensões temporais e espaciais do Inventário do Ciclo de Vida produz incertezas na AICV. As incertezas variam conforme as características espaciais e temporais de cada categoria de impacto. Os modelos para algumas categorias de impactos estão em fase de desenvolvimento, com isso não existe ainda um consenso para seus modelos, como é caso da categoria de uso do solo.

### **3.5 Conclusão**

Neste capítulo tratou-se dos conceitos relacionados à AICV, expondo seus elementos obrigatórios, elementos opcionais e limitações. Este capítulo tem uma grande importância neste trabalho, pois, destaca os mecanismos de avaliação de impacto e auxilia na compreensão do próximo capítulo. Este próximo trata da caracterização do uso do solo.

---

---

## 4. CARACTERIZAÇÃO DO USO DO SOLO

### 4.1 Introdução

A necessidade de um sistema de caracterização do uso do solo em ACV se deu, principalmente, pelo aumento da intensidade de usos do solo em áreas rurais, urbanas, industriais e da implantação de ampla infra-estrutura de transportes. As consequências destas mudanças são, dentre outras, a degradação da biodiversidade e o aumento da transformação das características principais do solo, principalmente no que diz respeito à sua qualidade (VOGTLÄNDER *et al*, 2004).

O uso do solo pode ser classificado como de longo prazo (ex: para agricultura arável) ou em modificação do tipo de uso do solo (ex: de solo natural para área urbana). Pode também impactar um ambiente de forma local, regional e/ou global. A extinção de espécies e o desequilíbrio de uma cadeia alimentar por extinção e/ou alteração de comunidades (flora/fauna) são exemplos de impactos globais ocasionados (VOGTLÄNDER *et al*, 2004). Desta forma, ele apresenta importantes consequências ambientais, tais como, a diminuição da disponibilidade de habitat e de espécies de vida selvagem e a modificação da qualidade do uso da terra, levando a uma degradação da área utilizada.

Por este motivo e pela falta de consenso dos pesquisadores da área, a incorporação do uso do solo como categoria na AICV tem sido foco de grandes discussões. Entretanto, discussões acerca do tema apenas ocorreram nestes últimos anos. A causa de sua tardia inclusão na metodologia de AICV se deu pela dificuldade de torná-la mais operacional, ou seja, ainda não existe grande disponibilidade de dados para desenvolvimento de métodos para sua inclusão.

### 4.2 Atividades do uso do solo dentro dos sistemas de produção

Segundo Köllner (2000), algumas atividades antropogênicas, ou seja, as atividades de degradação ambiental, dos recursos naturais disponíveis, são consideradas como atividades do uso do solo. No que diz respeito ao tipo de recurso obtido, o processo econômico do uso do solo pode ser classificado em três categorias principais: (i) extração abiótica dos recursos (mineração), (ii) produção biótica dos recursos (agricultura e silvicultura) e (iii) uso da superfície.

---

As atividades modificam ou mantêm a cobertura do solo quanto ao seu estado biofísico (por exemplo, quantidade e composição da vegetação de superfície, lençol freático, erosão, etc.). As atividades do uso do solo podem ser, além disso, estruturadas segundo a sua fase de uso temporal.

Freqüentemente, três tipos de atividades são distinguidos em ACV: (i) a transformação do solo de um tipo inicial ao tipo pretendido, (ii) a ocupação em curso da terra a fim cumprir a finalidade pretendida do uso, e (iii) a fase de abandono.

**a) Transformação da terra (cobertura).** A fim de cumprir a finalidade econômica específica, pode ser necessário transformar um tipo inicial da cobertura do solo ao tipo pretendido. Esta fase é a chamada transformação da cobertura do solo (ou transformação da terra). O tipo inicial da cobertura do solo pode ser ou estado natural ou já transformado, tendo sido usado para cumprir outras finalidades econômicas.

**b) Ocupação da terra.** A transformação da terra não é necessária se os tipos de propriedade desejados da cobertura do solo já existem. Neste caso certa área da terra estará sendo ocupada por algum tempo.

**c) Abandono da terra.** Esta fase torna-se parte integrante da atividade do uso do solo, pelo menos para aqueles com um fim definido para a fase do uso (por exemplo, mineração). Naturalmente, para todo uso do solo registrado, a fase do abandono é avaliada também.

#### 4.3 Impactos do uso do solo

Em geral, ao ser integrada à AICV, a caracterização do solo não considera a intensidade de uso do solo, ou a qualidade original do recurso, mas somente a área e o tempo de utilização. Desta forma, o impacto do uso do solo pode ser expresso em m<sup>2</sup> de terra ocupada por unidade funcional do produto estudado (WAGENDORP *et al*, 2006).

Ainda segundo Wagendorp *et al* (2006) a redução de qualidade, por uso, é um aspecto relevante a ser considerado. Para tanto, a forma de expressar o impacto gerado seria por meio de índices de impacto ambiental, multiplicados pelo tempo e espaço utilizado, para produzir uma unidade funcional. Ainda, de acordo com o autor, considerar as mudanças na qualidade do uso do solo é de fundamental importância, principalmente para sistemas de ocupação humana permanentes, tais como a ocupação do solo por áreas agricultáveis e mudanças no uso do solo (desflorestamento).

---

---

Neste ponto, é importante apontar que as mudanças de uso do solo por atividades humanas podem ocasionar distúrbios em diversos ecossistemas, indicados por vários aspectos como:

- Deterioração biótica do meio (poluição de ambientes aquático, atmosférico e terrestre);
- Decréscimo na biomassa;
- Perda de espécies e perda da funcionalidade de ecossistemas;
- Alteração das condições do solo, como oxidação da matéria orgânica, perda da porosidade, perda do solo por meio de erosão, formação de substâncias tóxicas e sais, desertificação.

Segundo Weidema e Lindeijer (2001), os impactos físicos da utilização do solo são relacionados à transformação ou à ocupação do solo.

#### **4.3.1 Impactos de transformação do solo**

Segundo Weidema e Lindeijer (2001), a transformação do solo é o processo caracterizado pelo ato de mudar a flora, a fauna, o solo ou a superfície do solo de seu estado original para um estado alterado. O estado alterado (nível B a C da figura 4) pode ser provisório, de modo que após a atividade humana (término no  $t_2$ ), a flora, a fauna, o solo ou a superfície do solo estejam submetidos a um período de recuperação (com ou sem intervenção humana), chegando finalmente em um de estado estacionário novo (nível D na figura 4, que pode ser mais baixo, igual a, ou mais alto do que o nível original A). A transformação pode ser instantânea (como no  $t_1$ ) ou gradual (como durante a atividade humana do  $t_1$  ao  $t_2$  em figura 4).

#### **4.3.2 Impactos de ocupação do solo**

Ainda segundo o autor, a ocupação do solo é a manutenção das características do solo em um estado diferente daquele estado constante que pode ser alcançado após o período de recuperação. Isto inclui a ocupação entre o  $t_1$  e o  $t_2$ , que adia o começo do período de recuperação, e a ocupação durante este período, onde as características do solo são diferentes do estado (D) e do estado estacionário potencial.

---

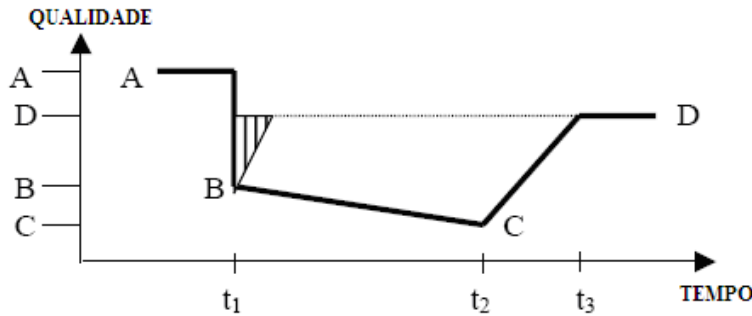


Figura 5. Estado da flora, da fauna, do solo ou da superfície do solo.

Fonte: WEIDEMA; LINDEIJER (2001)

Os impactos de ocupação referem-se à ocupação do solo. Na figura 4, os impactos de ocupação normalmente podem ser representados pela área entre a reta BC e o nível D. Os impactos de ocupação são expressos nas unidades (qualidade \* área \* tempo).

A diferença entre os níveis A e D representa o impacto permanente do ecossistema, que podem ser expressos nas unidades (qualidade \* área).

Os impactos de ecossistemas permanentes podem ser causados a qualquer instante por uma transformação de terra, como ilustrado na figura 4 (onde o impacto ocorre em  $t_1$ ) ou gradualmente (entre o tempo  $t_1$  e  $t_2$ ).

A atividade humana que efetivamente não tem nenhuma duração, como a redução de uma floresta, é dita como uma transformação no tempo  $t_1$ . O mesmo é dito para a atividade humana que não tem impactos permanentes no ecossistema. É importante lembrar que existe também impacto relacionado ao período de ocupação.

O impacto de ocupação de tal atividade é ilustrado pelo triângulo com linhas verticais na figura 4. O impacto de ecossistema permanente é a diferença entre os níveis A e D.

Uma atividade humana com certa duração, que modifica o estado atual, mas não afeta o nível do estado constante final, não tem nenhum impacto de ecossistema permanente apenas um o impacto de ocupação.

Para Schmidt (2008), os impactos de uso do solo podem ser divididos em (i) impactos permanentes, (ii) impactos de transformação e (iii) Impactos de ocupação.

(i) Impactos permanentes: é o impacto que é causado por transformação ou por atividades durante a ocupação (diferença entre A e D, na figura 5).

(ii) Impactos de transformação: é o impacto ocasionado durante o tempo de renaturalização (área apresentada através de um triângulo onde representa também a diminuição na biodiversidade durante a renaturalização).

(iii) Impacto de ocupação: é a área representada no paralelogramo na figura 5 que apresenta também a diminuição da biodiversidade durante a ocupação.

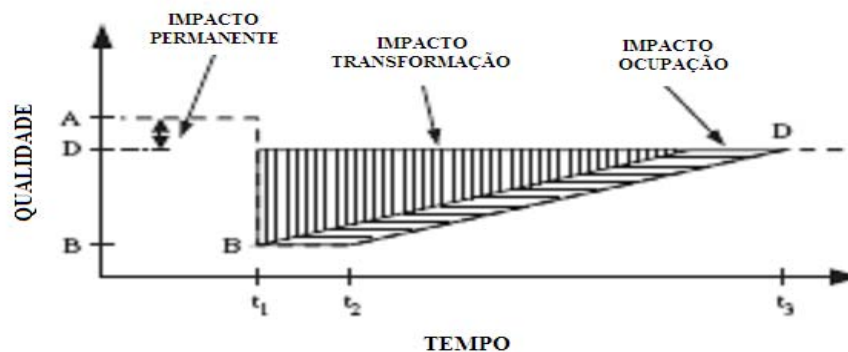


Figura 6. Impactos ocasionados pela utilização do solo.

Fonte: SCHMIDT (2008)

#### 4.4 Atuais metodologias de caracterização de impactos por uso do solo

Para analisar essas alterações em sua qualidade, tem sido proposta a utilização de indicadores para a avaliação de impactos decorrentes do uso do solo em métodos de AICV. Estes podem ser divididos em três grupos. O primeiro deles avalia o estado dos ecossistemas, em comparação a um estado de referência (geralmente, o meio ambiente intocado), e são denominados “métodos de estado”. O segundo e o terceiro analisam a funcionalidade do ecossistema, e a taxa de alteração e são denominados, respectivamente, “métodos de funcionalidade” e “métodos híbridos”. A diferença entre esses dois últimos é que os métodos híbridos consideram também o estado do ecossistema analisado (WAGENDORP *et al*, 2006).

Segundo Wagendorp *et al* (2006), dentre os métodos de estado, pode-se citar o método de Sturm e Westphal, o qual estima o grau de mudança no solo – tendo como referência o seu aspecto natural - de sucessão por meio de uma escala do natural até o

meio ambiente alterado. Lindeijer *et al* (2001), utiliza dois indicadores: (i) a diversidade de plantas e (ii) a produção primária total livre (fração da produção total que não é retirada do meio e permanece no ecossistema, dando suporte às funções de vida e ao desenvolvimento da natureza) como informação para o nível de organização de um ecossistema. Koellner (2000) utiliza a riqueza de espécies como indicador e o conjunto total de espécies de uma região como referência.

Métodos híbridos se baseiam em um conjunto de indicadores facilmente quantificáveis, segundo quatro categorias: (i) solo, (ii) água, (iii) estrutura vegetal e (iv) biodiversidade. A integridade de um ecossistema é medida por meio desses indicadores, os quais comparam a situação do ecossistema em estudo, com um ecossistema de referência (ambiente natural: clímax). Os fatores medidos são o nível de exergia, em termos de biomassa, estrutura e outras informações, e a capacidade tampão do sistema (WAGENDORP *et al*, 2006). Na verdade, a exergia mede a diversidade genética de uma espécie e auxilia na medição da biodiversidade de uma comunidade. Portanto, ela está relacionada aos indicadores de biodiversidade (WIEGLEB, 2003).

#### **4.5 Formas de caracterização do uso do solo**

Nestes últimos anos de estudos e consideração a respeito do uso de solo, têm-se realizado a caracterização dos impactos resultantes do uso do solo, ainda não exaustivamente, por meio de (i) produção biótica; (ii) qualidade do solo; e (iii) biodiversidade. A produção biótica não será tratada neste trabalho. Ela é citada em alguns poucos trabalhos, mas muito pouco tem sido feito rumo à compreensão de seus indicadores. Esta última forma de avaliação de impacto de uso do solo é a mais estudada e empregada.

\*\*\*\*\*

Para se fazer a caracterização dos impactos do uso do solo resultante das três formas mencionadas, é necessário que se faça uma elaboração cuidadosa de cada impacto para que seja feita a inclusão em ACV.

Alguns pesquisadores afirmam que o uso do solo pode ser expresso em relação ao tamanho de uma área usada para um produto ou um processo específico, em relação a um intervalo de tempo. Entretanto, tal procedimento negligencia o fato de que existem

---



---

diferentes tipos de uso do solo, causando diferentes impactos ao ambiente (MÜLLER-WENK, 1998).

Para a elaboração destes indicadores e sua incorporação da categoria de uso do solo em AICV, é necessário que se atendam os seguintes aspectos:

- Identificação de todos os impactos relevantes ao uso do solo;
- Identificação dos impactos que se enquadram as metodologias em ACV, que estes tenham dado suficientes para cumprir os requisitos do Inventário de também da AICV. A ACV possui uma modelagem muito específica necessitando de uma quantificação em relação à unidade funcional estabelecendo assim os tipos de impactos que podem ser utilizados. É necessário a presença de dados quantitativos, a clareza da unidade funcional (fluxo do sistema), a relação genérica em relação ao espaço, ou seja, sua abrangência (local/ regional/ global), e uma avaliação constante;
- Identificação dos indicadores problemáticos para serem inclusos em AICV. Em geral, são aqueles que não possuem um fluxo de entrada e nem de saída bem esclarecido.

#### **4.5.1 Caracterização por Qualidade do Solo**

A maioria dos indicadores específicos relacionados à qualidade do solo é obtida através do manejo do solo agrícola e do valor do recurso do solo em relação à produção de biomassa.

A qualidade do solo nestes sistemas estabelece um limite para o mesmo, conseqüentemente delimitando dimensões temporais e espaciais. As dimensões temporais estão ligadas às suposições do contínuo uso do solo a menos que circunstâncias específicas interferirem no sistema (exemplo: inundação da terra para represas ou para construções), assim deixando que o limite da dimensão temporal vá até que comece um outro sistema agrícola.

A ACV faz uma aproximação para o “instantâneo” para avaliar as mudanças na qualidade do solo, para esta aproximação, deve assegurar-se que todos os usos do solo estejam inclusos. As dimensões espaciais estão relacionadas a exames com as fatias de solo.

---

---

A categoria da qualidade do solo pode ser dividida em grupo de fatores que afetam a sua qualidade, ou seja, em indicadores de qualidade. São eles: (i) a massa de solo; (ii) a presença de organismos vivos; (iii) as substâncias-traço identificadas; (iv) aspectos abióticos, como matéria orgânica e conteúdo de água; (v) a forma do solo. A seguir são apresentados esses indicadores.

**a) Massa de Solo.** Os indicadores da massa de solo são a erosão e a incorporação de matéria. A perda de solo se dá pela erosão, e o aumento se dá pela incorporação de matéria é dada pela a adição da matéria orgânica, cal, e pelo interperismo de rochas subjacentes;

**b) Organismos Vivos.** Os indicadores deste fator são as ervas daninhas, as sementes delas, e os organismos patogênicos. As ervas daninhas e sementes daninhas aqui tratadas como prejudiciais, pois para seu controle muitas vezes são utilizados herbicidas que afetam a qualidade do solo. Já para organismos patogênicos, que em excesso são prejudiciais, eles podem ser acumulados no solo através da repetição de cultura, quando a rotação de cultura é feita em um intervalo de tempo muito pequeno ou quando ela não é feita. Agentes patogênicos são controlados através da correta rotação de colheitas, apesar de muito produtores usarem agroquímicos que são agressivos ao meio ambiente.

**c) Substâncias-Traço.** Os indicadores deste fator são os nutrientes, os metais pesados, resíduos de pesticidas, sais e pH do solo.

**d) Aspectos Abióticos.** Os indicadores abióticos são matérias orgânicas (MO) e a água no solo. A matéria orgânica no solo arável tem uma importância significativa na produtividade. É uma fonte importante de nutrientes e possui capacidade de absorção de cátions no solo. Desta forma, ela (i) contribui para a estrutura do solo; (ii) mantém a temperatura do solo durante as atividades metabólicas de microorganismos que digerem a MO, e (iii) possui a capacidade de manter a água no solo. A água, além dos outros indicadores, assegura a população de organismos, por ser essencial para atividades biológicas.

**e) Forma do Solo.** São indicadores deste fator a textura e a estrutura do solo. A Textura do solo esta ligada ao conjunto de partículas minerais do solo que não são modificados com a atividade humana. A estrutura do solo representa os arranjos dos minerais no solo. Ela pode ser modificada com as atividades humanas, tais como o

---

processo de aragem do solo, pois ele modifica as camadas do solo. Além destes fatores, deve-se levar em consideração a compactação do solo como um importante fator na categoria em relação à qualidade do solo.

Em suma, para se selecionar os indicadores para esta categoria e avaliar os efeitos causados no sistema estudado, são sugeridos que sigam os seguintes passos:

- Identificar os impactos relevantes à qualidade do solo: compactação, contaminação química, perda de solo, salinização;
- Definir os indicadores e as suas funções para cada impacto;
- Determinação da distância de cada ponto inicial da ameaça (sistema do estado de qualidade);
- Como o sistema afeta a distância inicial do impacto (pressão do sistema estudado).

#### **4.5.2 Caracterização por Biodiversidade**

A biodiversidade é um termo que cobre a diversidade genética, a diversidade de espécie, e a diversidade dos ecossistemas. A biodiversidade pode ser considerada como um indicador para a composição de espécie dos ecossistemas e os indicadores bem aceitos para esta caracterização são os de riqueza de espécies e perda de biodiversidade.

Maiores detalhes sobre este tipo de caracterização serão apresentados no capítulo seguinte.

#### **4.6 Conclusão**

Neste capítulo tratou-se dos conceitos sobre os impactos do uso solo, as metodologias de caracterização do uso do solo, as formas de caracterização dos impactos resultantes do uso do solo caracterização do uso do solo através da qualidade do solo e da biodiversidade. Na caracterização por qualidade do solo, foram expostos fatores que influenciam na sua qualidade e na caracterização por biodiversidade. Foi também feita uma introdução sobre o tema biodiversidade e sua importância, por meio do relato de dois indicadores principais que serão apresentados no próximo capítulo.

---

---

## **CAPÍTULO III. METODOLOGIA**

### **5. A CARACTERIZACAO POR BIODIVERSIDADE**

#### **5.1 Introdução**

Tendo sido realizada a revisão bibliográfica sobre ACV e AICV e acerca da caracterização do uso do solo, observou-se que o uso do solo tem sido mais amplamente caracterizado atualmente por meio de indicadores de biodiversidade. A “qualidade do solo” também é uma metodologia utilizada, mas, ainda não é muito aplicada devido à falta de dados referentes ao uso anterior do solo para que possa ser feito a comparação.

Esta escolha se deve à quantidade de dados disponíveis para a caracterização e de estudos realizados na área, voltados a esta temática.

#### **5.2 A caracterização do uso do solo por meio da biodiversidade**

A princípio, é importante explicitar a definição de biodiversidade. Segundo a Convenção de Diversidade Biológica (UNEP, 1992), o termo “diversidade biológica” indica a variabilidade entre organismos vivos, de todos os meios, incluindo a diversidade entre uma mesma espécie, diferentes espécies e ecossistemas. A biodiversidade é uma parte essencial de ambientes saudáveis: se uma parte da biodiversidade for perdida, muitos serviços ambientais essenciais poderão sofrer uma redução. Devido a isso, percebe-se a importância de se identificar modificações que possam causar a deterioração dos ecossistemas. A perda de biodiversidade (diferentes espécies) e declínios em sua abundância ou modificações em sua organização estrutural (ex: fragmentação do habitat) são alguns exemplos.

Quando se menciona a riqueza de espécies, é interessante observar a distribuição média de espécies pelo mundo (Figura 7).

---

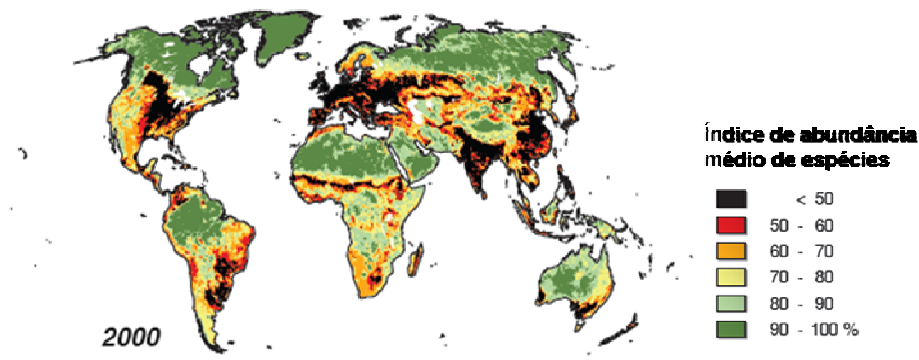


Figura 7. Percentagem da distribuição de espécies, por abundância, no mundo.

Entretanto, ao se tentar medir a biodiversidade, alguns problemas podem ser encontrados. Primeiramente, é preciso enfatizar que a biodiversidade pode ser caracterizada por dois aspectos principais: a (i) quantidade de espécies existentes e o (ii) seu valor.

A caracterização por biodiversidade pode ser particularmente realizada por meio de (i) riqueza de espécies ou por (ii) perda de biodiversidade

### 5.2.1 A importância da biodiversidade

O impacto da utilização da terra na biodiversidade é importante quando a extração das matérias-primas que originam das atividades do seu uso é avaliada. A maioria das florestas naturais é transformada em áreas para agriculturas e urbanas.

As funções ecológicas desempenhadas pela biodiversidade são responsáveis pelos processos naturais e produtos fornecidos pelos ecossistemas e espécies. A diversidade biológica possui, além de seu valor intrínseco, valor ecológico, genético, social, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético. Sua manutenção é essencial para o equilíbrio da vida.

---

### 5.3 Conclusão

Neste capítulo foi exposta a caracterização do uso do solo por meio da biodiversidade e os motivos de sua escolha para elaboração deste trabalho. No próximo capítulo serão apresentados os indicadores fundamentais de biodiversidade e as recomendações para seu uso.

## 6. INDICADORES DE BIODIVERSIDADE EM USO DO SOLO

### 6.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados alguns dos indicadores de biodiversidade mais utilizados atualmente, para a caracterização de biodiversidade. Entretanto, dois deles são mais destacados, por serem os mais abordados em atuais estudos de AICV.

### 6.2 Classificação dos indicadores de biodiversidade

Os indicadores de biodiversidade são informações quantificadas nas características bióticas ou abióticas que refletem o estado de um ecossistema, do habitat ou de outros componentes da biodiversidade. Antes de apontar os indicadores, é importante destacar aspectos que podem influenciar sua magnitude. Estes aspectos podem ser explicados pela estrutura da Pressão-Estado-Resposta, desenvolvida pela OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development), ou seja, pela Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD, 1993). Eles auxiliam na análise das causas de mudanças no ambiente natural e nas medidas das respostas à sociedade humana a estas mudanças.

a) **Indicadores de Pressão.** São fatores que potencialmente afetam uma determinada característica de biodiversidade, influenciando no seu estado.

b) **Indicadores de Estado.** O estado da biodiversidade pode ser afetado por pressões específicas que estão sendo avaliadas e também por uma variedade de outras influências. Todos esses precisam ser considerados. A avaliação de impacto tem de

---

---

definir o estado da biodiversidade na ausência de uma modificação proposta e depois da modificação proposta.

c) **Indicadores de Respostas.** O componente de resposta necessita que resultados da biodiversidade sejam avaliados em relação a alguma política, leis e atividades que foram implementadas para dirigir e conservar a biodiversidade e sugerir caminhos dos quais os resultados desejados possam ser realizados.

Nesta estrutura, os indicadores do estado, da pressão e da resposta são ligados basicamente a uma corrente do causa-efeito para uma situação ou um dado problema, que poderiam ser estabelecidos usando os dados gerados com um processo da avaliação do ciclo de vida. É importante ter em mente que estes aspectos influenciam os indicadores a serem apontados a seguir.

### 6.3 Indicadores de impactos segundo biodiversidade

Segundo Vogtländer *et al* (2004), a caracterização por biodiversidade é principalmente realizada por meio de (i) riqueza de espécies ou por (ii) ecossistemas raros. Pode-se citar ainda a perda de biodiversidade (DIAZ; CABIDO, 2001). Entretanto, existem outros parâmetros, como apresentado na Tabela 1.

A primeira delas é a mais aplicada no mundo atualmente, principalmente pela relativa facilidade de obtenção e coleta dos dados (MICHELSEN *et al*, 2001). Segundo (MICHELSEN *et. al.* 2001), existem quatro razões para a riqueza de espécies ser a mais utilizada como indicador de biodiversidade. A primeira é que através da riqueza de espécies, pode-se observar a biodiversidade. Em segundo lugar, é um termo de grande entendimento, ou seja, de fácil compreensão. Terceiro, considera-se que a riqueza de espécies seja um parâmetro mensurável, o que auxilia na sua quantificação e avaliação. Por fim, muitos dados sobre a riqueza de espécies já se encontram disponíveis. Entretanto, algumas desvantagens podem ser apontadas neste sistema de caracterização (riqueza de espécies), como, por exemplo, o fato de ecossistemas com poucas espécies – entretanto, valiosas, receberem pouco valor.

---

Tabela 1. Parâmetros para a avaliação de biodiversidade.

Parâmetro	Especificação
Raridade	Número de espécies raras por unidade de área.
Vulnerabilidade	Número de espécies em perigo de extinção por unidade de área.
Tamanho da população	Presença de populações de diversas espécies (quanto possível).
Representatividade	Número de espécies típicas em um habitat
Continuidade de ocorrência	Continuidade na composição de uma comunidade

Fonte: WIEGLEB, 2003

Embora a qualidade do habitat possa ser o fator de maior importância que determina a presença de uma espécie em um dado local (DUELLI, 1997), a diversidade dentro de um contexto, depende também da estrutura da paisagem circunvizinha. Além disso, a composição de uma paisagem é um dos fatores chaves que explicam a riqueza das espécies na escala regional (DUNNING *et al*, 1992; DALE *et al*, 2000).

A segunda opção – ecossistemas raros - apresenta a desvantagem de ser mais complexo para compreensão (informações matemáticas e biológicas mais complexas). Entretanto, ao contrário da primeira, ela valoriza ecossistemas que, apesar de não apresentarem grande biodiversidade em espécies, possuem um grande valor biótico.

A perda de biodiversidade, segundo Diaz e Cabido (2001), é um dos maiores problemas ambientais, se não o maior. Uma das principais razões desta perda é devido à mudança no uso do solo, conseqüentemente, uma perda no habitat. Ainda hoje, não existem métodos que utilizem a perda de biodiversidade para a caracterização de impactos do uso do solo (MILÀ I CANAIS *et al*, 2007). Em verdade, alguns pesquisadores ainda discutem sua inclusão ou não em estudos de AICV.

#### 6.4 A riqueza de espécies como indicador

Segundo (KOELLNER *et. al*, 2000), o indicador de biodiversidade através da riqueza de espécies tem sido bem aceito, pois ele tem uma boa disponibilidade de dados e pelo fato que outras metodologias previamente desenvolvidas aplicam-no como um indicador. No entanto, Mogenesen *et al* (1997) argumentam que a riqueza de espécies não é um indicador apropriado de biodiversidade, pois não há nenhuma distinção entre



raro/normal e espécies desejadas/não-desejadas. Outro problema mencionado também seria a importância da escala, ou seja, quanto maior a área inspecionada espera-se que maior seja o número de espécies encontradas.

Segundo Vogtländer *et al.* (2004), a riqueza de espécies é caracterizada pelo número de espécies de plantas vasculares  $S$  em certa área  $A$ . Esta é uma das medidas mais aplicadas para caracterizar os aspectos botânicos da terra em ACV. Para muitos países europeus, os dados em  $S$  já estão disponíveis.

Plantas vasculares são assim chamadas por possuírem tecido vascular (xilema e floema) que permitem a condução da seiva bruta e elaborada, ou seja, permitem a condução de água, sais minerais e outras substâncias através do vegetal.

Ele também aponta (i) vantagens e (ii) desvantagens em se utilizar a riqueza de espécies como um indicador de biodiversidade. Algumas das vantagens são:

- É o sistema caracterização que é mais aplicado geralmente em ACV;
- A riqueza de espécies é relativamente simples e direto, pois os dados já estão disponíveis em muitas regiões; quando não estão disponível, é praticável recolher dados indicativos ou prever as características principais baseadas em observações gerais.

Dentre as desvantagens, pode-se destacar:

- Todas as espécies adicionam ao resultado em um sentido positivo, incluindo as espécies que são partes de perturbações (por exemplo: Numa lavoura, haverá uma maior riqueza de espécies quando contém erva daninha);
- A riqueza de espécies é determinada avaliada altamente, mas não para ecossistemas espécies-pobres (pântanos, dunas de areia, entre outros) onde a avaliação ainda é pouca.
- O sistema não esclarece a diferenciação de espécies raras e as ameaçadas.

#### 6.4.1 Medição da riqueza de espécies

A medição da riqueza de espécies é importante, pois através dela podemos observar os impactos que o uso do solo ocasionam na biodiversidade. Muitos estudos estão sendo desenvolvidos sobre este indicador, porém ainda não existe um consenso de forma global porque em muitas regiões no mundo, não existem dados relativos ao uso do solo e a riqueza de espécies, suficientes para incluir esta categoria de indicador nos

---

métodos de AICV. A Tabela 2 apresenta alguns critérios para a medição de biodiversidade.

Tabela 2. Critérios para medição de biodiversidade, relacionado à riqueza de espécies.

<b>Critério</b>	<b>Forma de Medição</b>
Presença de espécies	Presença-ausência
Tamanho da população	Tamanho efetivo da população, probabilidade de extinção
Número de espécies	Número total de espécies, déficit de espécies (percentagem relativa)
Espectro da espécie	Habitat específico de espécies
Raridade ou ameaça	Número e grau de espécies raras e em perigo de extinção

Fonte: WIEGLEB, 2003

Porém alguns pesquisadores já começaram a fazer suas pesquisas onde dados referentes à riqueza de espécie já estão sendo ou já foram catalogados. Weidema e Lindeijer (2001) propuseram um fator da caracterização que depende do número total de espécies afetadas, enquanto (KOELLNER, 2003) discute que a espécie afetada deve ser comparada à riqueza média regional da espécie. Não existe nenhum consenso sobre qual fator de aproximação é o mais aconselhável a ser usado. Existem duas formas de aproximação: (i) aproximação relativa e (ii) aproximação absoluta.

A aproximação relativa implica que os ecossistemas em todas as regiões do mundo são dados o mesmo valor, isto é, para uma região mais pobre em número de espécies, é dado um valor de caracterização mais alto do que em uma região mais rica em espécies. Desta forma, há um equilíbrio nos valores atribuídos.

Já a aproximação absoluta consiste que, para ecossistemas em regiões mais ricas em espécies, é dado um peso maior do que para regiões mais pobres, e para todas as espécies das regiões em estudo, o valor dado é o mesmo.

Muitos estudos que empregam o indicador de biodiversidade optam em trabalhar com o valor absoluto, pois, em algumas regiões podem existir uma riqueza de biodiversidade maior, e a razão para esta maior riqueza por ser dado pela evolução da biodiversidade de uma região não ter sido afetada por um longo período de tempo.

---

#### 6.4.2 Métodos de avaliação da riqueza de espécies

O método usado por Schmidt (2008) para medir a riqueza de espécies é baseado no método descrito de Koellner (2003). Inicialmente, é feito um inventário da riqueza de espécies para diferentes usos do solo e regiões. Os resultados das pesquisas são traçados em papel log-log (área-espécie) que representa o diagrama que estabelece a relação espécie-área. A linha de regressão é feita a partir desta relação.

Considerando que a riqueza de espécie é dependente da área observada, a riqueza de espécie deve ser medida para uma área na qual já foram estabelecidos padrões para todos os tipos de utilização do solo e todas as regiões. Em seu modelo, Koellner (2003) optou por fazer medições de riqueza de espécie em uma área de 100m<sup>2</sup> com padrões já estabelecidos (padrão estabelecido pela maioria das pesquisas feitas). A equação a seguir aponta a formulação de Koellner para a avaliação da riqueza de espécies.

$$S = c \cdot A^z$$

na qual  $S$  é o número de espécie.

$c$  é o parâmetro para riqueza de espécies, este parâmetro depende da diversidade ecológica dentro de um tipo da cobertura de solo ou de uma região.

$A$  é a área em estudo.

$z$  é o parâmetro para o índice acumulado de espécie. Este parâmetro depende do grau de isolamento da região em estudo.

Para cada tipo de solo e região, usam-se categorias específicas de uso do solo estabelecidas pelo autor (Tabela 3) e são atribuídos diferentes valores para  $c$ .

---

Tabela 3. Categorias de uso do solo.

Categorias do uso do solo	Descrição	c	
1 - Plantação arável.	Terra arável produtiva com colheitas anuais. Distinção entre intensivo/extenso e/ou colheitas.	7,2 N-E	Formatado: À esquerda
2 - Arável, pasto.	Pasto produtivo ou prado. Distinção entre usos intensivo e extensivo.	9,8 N-E 14,4 N-E	Formatado: À esquerda
3 - Agro Florestas	Plantações e colheitas com ou sem objetivo madeireiro. Ex. das plantações: palma de óleo e plantações de frutos.	1,8 SE-A	Formatado: À esquerda
4 - Florestas manejadas	Florestas produtivas, plantações. Distinções entre uso intensivo e extensivo. Inclui plantações, princ. usadas para silvicultura.	11,7 N-E 6,0 SE-A	Formatado: À esquerda
5 - Florestas naturais	Floresta natural, improdutivo, florestas.	11,1 N-E	Formatado: À esquerda
6 - Capoeira natural	Capoeira.	31,2 SE-A	Formatado: À esquerda
7 - Pasto natural.	Pasto improdutivo ou prado	7,9 N-E 2,9 SE-A	Formatado: À esquerda
8 - Brejos naturais.	Solo improdutivo	-	Formatado: À esquerda
9 - Terras construídas	Ruas e edifícios.	-	Formatado: À esquerda

Fonte: Schmidt (2008)

## 6.5 A perda de biodiversidade como indicador

Acredita-se que um número crescente de ecossistemas está próximo dos limiares críticos além de serem incapazes de recuperar a sua funcionalidade e a produtividade devido a sua degradação. As consequências da perda de biodiversidade são muitas vezes difíceis reconhecer em curto prazo. Os verdadeiros valores à sociedade são muitas vezes mais altos do que o esperado, e são descobertos muito tarde para ser tomada uma ação corretiva eficaz. Por este motivo, precisamos de indicadores que possam dar um alerta

---

das modificações acumulativa e dano que vem sendo causado para evitar problemas a mais longo prazo.

Segundo a EEA (Agência Ambiental Européia), a perda de biodiversidade tem um impacto, principalmente sobre a comida, água e produção de energia, a benefícios culturais e estéticos (EEA, 2008).

A perda de biodiversidade só não significa a perda de espécie, mas também perda e degradação de funções do ecossistema. O impacto humano pode diminuir ou modificar a produtividade dos ecossistemas, o ciclo dos nutrientes, ou alterar o equilíbrio entre grupos de espécie diferentes, diminuindo a capacidade dos ecossistemas. Fazendo uma conexão direta entre a biodiversidade e os benefícios fornecidos por ela, os problemas causados pela perda da biodiversidade ficam mais claros à sociedade.

Baillie, Hilton-Taylor e Stuart (2004) dizem que a diversidade da vida na Terra é afetada por alterações humanas nos ecossistemas. Observa-se que a biodiversidade no largo sentido afeta as propriedades de ecossistemas e, por isso, os benefícios que os seres humanos obtêm deles.

A sociedade humana foi construída a partir da biodiversidade. Muitas atividades indispensáveis para a existência humana levam à perda de biodiversidade, e esta provavelmente continuará no futuro. Claramente beneficiamo-nos da diversidade de organismos que são utilizados para a medicina, comida, fibras, e outros recursos renováveis. Além do mais, a biodiversidade sempre foi uma parte integrante da experiência humana, por isso, existem muitas razões para conservá-la para a continuação desta existência.

O que menos foi reconhecido é que a biodiversidade também influencia no bem-estar humano, inclusive ao acesso a elementos básicos para uma vida satisfatória e tais como a água, solo, ar.

Uma das principais causas da perda de biodiversidade é a perda de habitat ocasionado pelas modificações de uso da terra; os principais contribuintes para isto são a silvicultura e a agricultura.

Segundo Pensoft Publishers (2008), em seus projetos, foram feitos estudos para tentar diminuir a perda da biodiversidade, alguns passos foram tomados (i) reunir os dados existentes da riqueza de espécies do uso do solo, (ii) sintetizar esses dados e

---

---

executar análises e metas para avaliar a extensão da perda de biodiversidade e entender como a modificação de uso do solo afeta a modificação de biodiversidade, (iii) usar os resultados em modelos existentes para projetar o futuro uso do solo e as modificações na biodiversidade em resposta a cenários socioeconômicos, (iv) baseados nesses resultados, e na colaboração de governantes, desenvolver instrumentos de decisão e opções de áreas política de áreas de políticas para mitigar a perda de biodiversidade. As áreas de política relevantes são a agricultura, o meio ambiente, o desenvolvimento rural, o transporte e a energia.

## **6.6 Limites do sistema temporal da avaliação de impactos do uso do solo**

Duas questões são muito discutidas para a colocação de um limite no sistema temporal, à alocação de impactos iniciais de transformação e a Suposição de relaxamento natural (espontânea e gradual mudança na qualidade do solo devido às forças de natureza, uma vez q o solo é abandonado (MILÀ I CANALS *et al.*, 2007)).

Primeiramente, a estrutura não esclarece como alocar os impactos de uma transformação da terra quando esta é seguida por muitos usos sucessivos que se beneficiam da transformação inicial, em geral, se a transformação inicial for pretendida especificamente para o uso do solo atual, a parte dos impactos iniciais deve ser alocada ao uso de solo atual. Entretanto, se o uso do solo atual continuar por muito tempo a quantidade de impacto inicial alocada a uma unidade da saída funcional será mínimo e poderia ser negligenciada.

Para o segundo questionamento, é difícil obter dados no relaxamento natural para muitos dos processos envolvidos em ACV. A suposição do relaxamento natural é central na estrutura para a avaliação do impacto do uso de terra (MILÀ i CANALS *et al.*, 2007), pede-se para derivar tempos do relaxamento para regiões estudadas e para discuti-los então se estes mudarão extensamente em outras regiões do globo (MÜLLER-WENK, 1998).

## **6.7 Conclusão**

Neste capítulo foram discutidos e apontados os conceitos em relação aos indicadores de biodiversidade no uso do solo e os limites do sistema temporal da avaliação de impactos do uso do solo. Foram apontados indicadores de biodiversidade

---

relativos à riqueza de espécies e perda de biodiversidade. Estes dois indicadores foram escolhidos devido a maior quantidade de dados e um maior consenso entre os pesquisadores em relação a sua inclusão nas metodologias da ACV. Sobre o indicador riqueza de espécie, foram apontadas as vantagens e desvantagens para seu uso, a sua medição em relação espécie/área. Foi apontado também o indicador de perda de biodiversidade, mostrando sua importância e estudos que estão sendo feitos em relação a este indicador.

---

---

## **CAPÍTULO IV. CONCLUSÃO**

### **7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES**

A etapa de caracterização de impactos em AICV é importante na avaliação do potencial de danos de uma determinada intervenção ambiental. Destaque deve ser dado à questão do uso do solo, a qual, muitas vezes, tem sido negligenciada, frente a impactos relacionados à poluição do ar, por exemplo.

Pode-se perceber que para se avaliar impactos decorrentes do uso do solo, é necessário que seja feito um estudo minucioso sobre a área pré-definida. Este estudo deve incluir aspectos como (i) características e composição do solo, (ii) inventário de ocupação e transformação em um tempo determinado (que esteja seguindo os padrões da ACV), (iii) catalogação da riqueza do ecossistema presente naquela área e nas regiões circunvizinhas, além de outros procedimentos mencionados neste trabalho.

A caracterização destes impactos vem sendo estudada por alguns pesquisadores em todo mundo, mas principalmente na Europa e no Canadá, para o desenvolvimento de metodologias que possam incluí-los em estudos de ACV.

É também essencial destacar a necessidade de que os pesquisadores cheguem a um consenso sobre as diretrizes importantes a serem tomadas, pois até agora não existe um método que seja possível de ser usado em qualquer lugar do mundo devido a sua grande diversidade. Este esforço deve ser conjunto e deve também abordar estudos realizados em países com grandes extensões territoriais e diversidade de usos do solo, como o Brasil, o Canadá e a China. Desta forma, é de fundamental importância que pesquisadores de cada país ajudem a catalogar dados em suas regiões, pois ainda não existem dados suficientes para a elaboração de uma metodologia mundialmente aceita.

Os trabalhos existentes hoje, fazem uma menção maior sobre a biodiversidade, pois já existem indicadores com uma maior aceitação como é o caso da Riqueza de Espécies e da Perda da Biodiversidade. Outras caracterizações de uso do solo e seus indicadores caminham devagar ainda pela falta de dados.

Dentre os estudos realizados, as formas de caracterização por biodiversidade são aquelas mais amplamente pesquisadas. Neste trabalho, foi definido que o melhor

---



indicador a ser utilizado para a caracterização do solo, por meio da biodiversidade, é a riqueza de espécies. Entretanto, é importante destacar que se deve também observar a disponibilidade de dados locais (no Brasil), para a utilização deste indicador para as condições nacionais.

---

## **8. RECOMENDAÇÕES**

Os impactos do uso de terra necessitam ser considerados em AICV, não somente pelas atividades que fazem o uso extensivo do solo, mas para todos os estágios do ciclo de vida para todos os tipos de produtos.

É importante que sejam feitas avaliações mais detalhada, dentro das perspectivas da ACV, os efeitos das práticas de manejo diferentes para tipos similares de terra e os seus usos (por exemplo, a diferença do plantio de produtos orgânicos e as colheitas convencionais).

Os impactos do uso do solo sejam incluídos também na política atual de energia, para que sejam feitas as comparações das fontes de energias. (bioenergia vs. energias fósseis).

---

---

## CAPÍTULO V. REFERÊNCIAS

- BAILLIE, J.; HILTON-TAYLOR, C.; STUART, S.N. *IUCN Red List of Threatened Species: A Global Species Assessment*. Gland (Switzerland): IUCN, 2004.
- BAUMANN, H.; TILLMAN, A.M. *The Hitch Hiker's Guide to LCA*: an orientation in life cycle assessment methodology and application. Lund: Studentlitteratur, 2004. 543p.
- CHEHEBE, J. R. B. *Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000*. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., CNI, 1997.
- DALE *et al.* Ecological principles and guidelines for managing the use of land. *Ecol. Appl.*, v.10, p. 639-670. 2000
- DIAZ; CABIDO: Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution* n. 16, p. 646–655, 2001.
- DUELLI, *et. al.* In search of the best correlates for local organism biodiversity in cultivated areas. *Biodiversity and Conservation*, n. 7, p. 297–309, 1998.
- DUNNING *et al.* Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos*, n. 65, p. 169–175.1992
- EEA . European Environment Agency. *Understanding the full value of biodiversity loss* Disponível em: < [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu) > Acesso em Junho 2008.
- LINDEIJER, E. Review of land use impact methodologies. *Journal of Cleaner Production*, n. 8, 2000, 273–281.
- LINDEIJER, E.: Biodiversity and life support impacts of land use in LCA. *Journal of Cleaner Production*, n. 8, 2000, 313–319.
- GOTELLI, N.J.; COLWELL, R.K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, n.4, 2001, p. 379-391.
- GPACV. Grupo de Pesquisa em Avaliação do Ciclo de Vida. *Definição*. Disponível em < [www.ciclodevida.ufsc.br](http://www.ciclodevida.ufsc.br) >. Acesso em abril 2008.
- HAUSCHILD, M. Z.; POTTING, J. *Spatial differentiation in Life Cycle Impact Assessment. The EDIP2003 methodology*. Report Environmental News 80 2005. Danish Ministry of the Environment. 195p.
- HOAGLAND, N. T. Non-traditional tools for LCA and sustainability. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v.6, n.2, p.110-113, 2001.
- IERE. The Institute for Environmental Research and Education. *Packaging LCA Scoping Project*. Disponível em <[www.iere.org](http://www.iere.org)>. Acesso em Abril 2008.
-

---

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 14040**. Environmental Management - Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Geneva: ISO, 2006a. 20p.

ISO. International Organization for Standardization **ISO 14044**. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines. Geneva: ISO, 2006b. 46p.

SCHMIDT, J. H.. Development of LCIA characterisation factors for land use impacts on biodiversity. *Journal of Cleaner Production* 2008. p. 1-14.

KOELLNER, T.(2000) Species-pool effect potentials (SPEP) as a yardstick to evaluate land-use impacts on biodiversity. *Journal of Cleaner Production*, n. 8, p. 293-311, 2000.

KOELLNER, T.(2003) *Land use in product life cycles and ecosystem quality*. Bern, Frankfurt a. M., New York: Peter Lang; 2003.

MICHELSSEN, O (2007): Assessment of Land Use Impact on Biodiversity. Proposal of a new methodology exemplified with forestry operations in Norway. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v.13, n.1, p. 22–31, 2007.

MILÀ I CANALS *et al.*, (2007) Key Elements in a Framework for Land Use Impact Assessment Within LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2007;12(1) 5 – 15.

MOGENSEN, B., *et al.* *Vital necessities for the wild flora and fauna on set-aside areas e a literature study*. Danmarks Miljøundersøgelser (DMU): Denmark, 1997.

MOURAD, A. L.; GARCIA, E. E. C.; VILHENA, A *Avaliação do ciclo de vida: princípios e aplicações*. Campinas: CETEA/CEMPRE, 2002.

MÜLLER-WENK, R.: *Depletion of Abiotic Resources Weighted on the Base of "Virtual" Impacts of Lower Grade Deposits in Future*. IWÖ Diskussionsbeitrag Nr. 57, Switzerland, 1998.

OCDE - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, *OECD core set of indicators for environmental performance reviews*. Paris, 1993

PENSOFT PUBLISHERS. *COCONUT Project*: Understanding effects of land use changes on ecosystems to halt loss of biodiversity due to habitat destruction, fragmentation and degradation. Disponível em: <http://www.coconut-project.net/summary.html>. Acesso em maio de 2008.

SOUZA, D. M. *Proposição de diretrizes para a concepção de um método de avaliação de impacto do ciclo de vida para o Brasil*. 2008. 135 f. Qualificação de Doutorado (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

THOMAS, K. Species-pool effect potentials (SPEP) as a yardstick to evaluate land-use impacts on biodiversity. *Journal of Cleaner Production*, 8, 293–311, 2000.

UDO DE HAES, H. A. *et al.* *Life Cycle Impact Assessment: striving towards the best practice*. Brussels: SETAC, 2002. 249p.

---

---

UNEP. United Nations Environment Programmer. *Convention on Biological Diversity*. UNEP: Geneva, 1992.

VOEGTLÄNDER, J.G. et al. Characterizing the change of land-use based on flora: application for EIA and LCA. *Journal of Cleaner Production*, n. 12. p.47-57, 2004.

WAGENDORP, T. et al. Land use impact evaluation in life cycle assessment based onecosystem thermodynamics. *Energy*, n. 31, p. 112-125, 2006.

WEIDEMA, B.P.; LINDEIJER, E. *Physical impacts of land use in product life cycle assessment. Final report of the EURENVIRON-LCAGAPS subproject on land use*. Denmark, Lyngby: Technical University of Denmark; 2001.

WIEGLEB, G. *Lectures notes on Methods of Biodiversity Assessment*, summer semester de 2003. 51 f. Notas de Aula. Mimeografado.

---